



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1824559 A1

(31) G 01 N 24/00

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ПАТЕНТНОЕ
ВЕДОМСТВО СССР
(ГОСПАТЕНТ СССР)

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

ЗООСНОСНАЕ
ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО
Б. С. С. С. С. Р.

1

(21) 4936164/25

(22) 14.05.91

(46) 30.06.93. Бюл. № 24

(71) Институт прикладной физики

(72) В. Г. Кузнецов и С. Д. Коблев

(56) GB заявка № 2057135.

G 01 N 24/08, публ. 25.03.81.

Hirschfeld T., Klainer T.M. Short range
NQR measurements. J.of. Molec Struct 58,
1980, p.63-77.

2

(54) СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯДЕРНОГО КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА

(57) Сущность изобретения: обследуемый предмет облучают двумя многоимпульсными последовательностями, которые отличаются частотой заполнения радиоимпульсов, осуществляют последующее накопление и обработку сигнала.

Способ предназначен для обнаружения скрытых закладок взрывчатых веществ (ВВ) и может быть использован при таможенном досмотре, в криминалистике и в других случаях, когда требуется определить наличие ВВ внутри предметов без нарушения целостности оболочки.

Цель изобретения - сокращение времени обследования при сохранении высокой достоверности результатов.

Способ обнаружения ВВ включает в себя облучение обследуемого предмета на частоте ЯКР многоимпульсной последовательностью, когерентное накопление ЯКР-сигнала, обработку накопленного сигнала и сравнение полученного результата обработки с пороговым значением, дополнительное облучение предмета многоимпульсной последовательностью, частота заполнения радиоимпульсов в которой отличается от частоты заполнения радиоимпульсов при первом облучении на величину $1/(2\tau)$, (где τ - период следования радиоимпульсов в последовательностях), обработку накопленного сигнала и дополнительное сравнение

результата второго накопления с первоначально выбранным порогом.

Вывод о присутствии ВВ делают при превышении полученного результата величины порогового значения в одном из облучений.

На фиг.1 приведена структурная схема макета устройства, реализующего предлагаемый способ.

Макет устройства на фиг.1 работает следующим образом. Синтезатор частоты (СЧ) 1 (например, типа Ч6-31) вырабатывает колебания с частотой f_1 , близкой к частоте ЯКР ВВ, поступающие на вход формирователя радиоимпульсов 2, который по сигналам от устройства управления и обработки сигнала (УУОС), в качестве которого использовалась ЭВМ типа 1N-1200 (Франция), формирует серию когерентных радиоимпульсов с длительностью t_w и периодом следования T . Усилитель мощности 3 усиливает радиоимпульсы до уровня, необходимого для создания напряженности магнитного поля около 10-20 Гс в обследуемом объеме. Усиленные импульсы поступают на датчик 4. Обычно

(19) SU (11) 1824559 A1

BEST AVAILABLE COPY

для создания магнитного поля используют катушку индуктивности, входящую в резонансный контур. С контура датчика 4 принятый сигнал ЯКР поступает на приемное устройство (ПУ) 5, осуществляющее его усиление и квадратурное детектирование. для чего на ПУ 5 от СЧ 1 подаются опорные напряжения, фаза одного из которых сдвинута на $\pi/2$ относительно фазы другого с помощью фазовращателя 6. После фильтрации низкочастотные сигналы квадратурных каналов поступают на УУОС 7, которое осуществляет аналого-цифровое преобразование и когерентное суммирование сигналов. По окончании последовательности импульсов УУОС 7 производит обработку накопленного сигнала и сравнение результата обработки с порогом, величина которого устанавливается исходя из требуемых вероятностей пропуска β и ложного срабатывания α . При превышении порогового значения УУОС 7 вырабатывает сигнал индикации наличия ВВ в обследуемом предмете для блока сигнализации 8. Если же порог не превышен, то УУОС 7 выдает на СЧ 1 команду установки частоты, равной $f_2 = f_1 \pm 1/(2\tau)$ и производится повторное облучение предмета многоимпульсной последовательностью, накопление и повторное сравнение результата обработки накопленного сигнала ЯКР, полученного при втором облучении. В случае превышения результата второго облучения над порогом принимается решение о наличии ВВ в обследуемом предмете. В противном случае УУОС 7 вырабатывает сигнал для БС 8, указывающий на отсутствие конкретного типа ВВ.

При проверке на наличие нескольких типов ВВ указанная последовательность операций повторяется для каждого ВВ, при этом СЧ 1 и контур датчика 4 перестраиваются на частоту, соответствующую резонансной частоте ВВ, подлежащего обнаружению.

Сравнительные испытания по данному способу и по способу-прототипу заключались в проведении двух серий по 100 обследований каждым способом, при этом в одной из серий обследования упаковка размером 350x350x50 мм содержала закладку гексогена массой 10 г, а во второй серии закладка отсутствовала. Для идентификации гексогена использовалась линия $f_2 = 3410$ кГц. При обследовании по данному способу цикл обследования содержал следующие этапы: размещение упаковки в датчике, облучение ее последовательностью из 9000 импульсов с периодом следования $\tau = 630$ мкс и частотой заполнения $f_1 =$

≈ 3410 кГц, когерентное накопление ЯКР-откликов. Фурье-преобразование (ФП) накопленного сигнала, вычисление интеграла модуля ФП и сравнение полученного значения с пороговым значением. Величина порога была выбрана исходя из обеспечения вероятностей $\alpha = \beta = 0.05$. Если при первом облучении величина порога не превышена, то через 1 сек проводилось облучение второй последовательностью с таким же количеством импульсов и периодом следования, но с частотой заполнения радиоимпульсов $f_2 = 3410,8$ кГц. Если χ после второго облучения порог не был превышен, принималось решение об отсутствии закладки. Решение о наличии закладки принималось в случае превышения порога хотя бы в одном из двух измерений. При проведении серии из 100 обследований с упаковкой, содержащей закладку гексогена, в 43 случаях закладка ВВ была обнаружена при первом измерении, в остальных 57 случаях потребовалось два измерения, и среднее время на обследование одной упаковки составило:

$$t_{\text{обсл. ср}} = (43 \times 5,67 \text{ с} + 57 \times (11,34 \text{ с} + 1 \text{ с}) / 100 = 9,47 \text{ с}$$

При проведении обследований по известному способу (прототипу) для обеспечения тех же вероятностей ложного обнаружения $\alpha = 0.05$ и пропуска закладки $\beta = 0.05$ потребовалось увеличить количество импульсов в последовательности до 170000 при том же периоде следования $\tau = 630$ мкс, и время обследования на одну упаковку составило:

$$t_{\text{обсл.}} = 107,1 \text{ с}$$

т.е. данный способ позволяет сократить время обследования для гексогена более чем в 10 раз.

Аналогичные испытания, проведенные на октогене и тетриле показали, что способ позволяет сократить время обследования в 3,6 раза для октогена и в 4,5 раза для тетрила.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ обнаружения взрывчатых веществ с использованием ядерного квадратурного резонанса (ЯКР), включающий облучение обследуемого объекта на частоте ЯКР многоимпульсной последовательностью, когерентное накопление ЯКР-сигнала, обработку накопленного сигнала и сравнение полученного результата обработки с пороговым значением, отличающийся тем, что целью повышения экспрессности при одновременном сохранении

достоверности обнаружения, производят дополнительное облучение объекта многоимпульсной последовательностью, частота заполнения радиоимпульсов в которой отличается от частоты заполнения радиоимпульсов при первом облучении на величину

5 $1/2 \tau$, где τ – период следования радиоимпульсов в последовательностях, а вывод о присутствии взрывчатых веществ делают при превышении полученного результата величины порогового значения в одном из облучений.

Редактор

Составитель С. Коблев
Техред М. Моргентал

Корректор Н. Гунько

Заказ 2222

Тираж

Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101

Union of the Soviet Socialist Republics

(19) SU (11)1824559 A1

(51)5 G 01 N 24/00

State Committee of the USSR
for Inventions and Discoveries

SPECIFICATION OF INVENTION
attachment to the Inventor's Certificate

(21) 4936164/25

(22) 14.05.91

(46) 30.06.93. Bulletin N 24

(71) Kaliningrad State University

(72) V.G.Kuznetsov and S.D.Koblev

(56) G.B. application N 2057135, G 01 N 24/08, publ. 25.03.81. Hirschfeld T., Klainer T.M. Short range NQR measurements. J.of Molec.Struct. 58, 1980, p.63-77.

(54) METHOD OF DETECTING EXPLOSIVES USING NUCLEAR QUADRUPOLE RESONANCE

(57) The essence of invention: a studied sample is irradiated with two multi-pulse sequences, which differ in the radio frequency pulses carrier frequency, then the resulting signal is accumulated and processed.

This method is intended for detecting hidden explosives and can be used during customs inspection, in criminalistics and in other cases, when it is necessary to detect the presence of explosives inside objects without breaking the exterior casing.

The purpose of this invention is shortening the time of detection processes without decreasing the rate of true detection.

The method of detecting explosives includes the irradiation of the examined object at the NQR frequency by a multi-pulse sequence, coherent accumulation of NQR signal, processing of the accumulated signal and comparing the result with the reference value, additional irradiation of the object with the multi-pulse sequence with the RF carrier frequency different from the RF carrier frequency used initially, by $1/(2\tau)$, (where τ is the RF pulse separation in the sequences), processing of the accumulated signal and additional comparison of the second accumulation with the initially chosen reference value.

The conclusion about the presence of the explosive is made if the result received from one of the irradiations. exceeds the reference value.

Fig.1 shows the structural diagram of the prototype of the device, which implements the suggested method.

The prototype of the device shown in Fig 1 works as follows. The frequency synthesizer (FS) 1 (for example, of the CH6-31 type) generates oscillations with the frequency f_1 , close to the NQR frequency of the explosive, which are conducted to the input of the radio pulses forming device 2, which on the command from the control and processing device (CAPD), which was represented by a PC of 1N-1200 type (France), forms a sequence of coherent radio pulses having the length of t_w and the pulse separation τ . The power amplifier 3 amplifies radio pulses to the level required to create magnetic field in the studied volume with the intensity of about 10-20 Gauss. The amplified pulses are conducted to the detector 4. Usually to create magnetic field they use an inductance coil, included in the resonance circuit. From the detector circuit 4 the NQR signal is transferred to the receiving device (RD) 5, which effectuates its amplification and quadrature detection; to do so, reference voltages are conducted from FS 1 to RD 5, with the phase of one of them shifted from the phase of the other by $\pi/2$ using a phase inverter 6. After filtering the low frequency signals from the quadrature channels are conducted to the CAPD 7 which does analog-to-digital conversion and coherent adding up of the signal. After the end of the pulse sequence, CAPD 7 processes the accumulated signal and compares the result with the reference value, which is set with the required probability rate β and false alarm α in mind. When the reference value is exceeded, CAPD 7 generates an indication for the alarm signal unit 8. If the reference signal is not exceeded, CAPD 7 transmits to the FS 1 the command to set a frequency equal $f_2 = f_1 \pm 1/(2\tau)$, and the second irradiation of the object with a multi-pulse sequence occurs, followed by averaging and the second comparison of the processed averaged NQR signal received after the second irradiation. If the result of the second irradiation exceeds the reference value, the conclusion about the presence of the explosive in the studied object is made. If it does not, CAPD 7 generates a signal to the AU 8 indicating that the explosive desired to be detected, is not there.

If it is desirable to check the object for several types of explosives, the above procedure is repeated for every explosive, with the FS 1 and detector circuit 4 re-tuned for the frequency corresponding to the resonance frequency of the substance desired to be detected.

Tests comparing this method and the prototype method consisted in conducting two series of 100 tests for each method, with one test series dealing with a package of 350x350x50 mm containing 10 g of RDX, and the other had no RDX. To identify RDX, the line $f_2 = 3410$ kHz was used. The cycle of detection using this method consisted of the following stages: placing the package inside the detector, irradiating it with a sequence of 9000 pulses with the pulse separation $\tau = 630$ μ s and carrier frequency $f_1 = 3410$ kHz, coherent accumulation of NQR responses. Fourier transform (FT) of the accumulated signal, calculation of the integral for the FT module and the comparison of the received result with the reference value. The reference value was chosen to ensure the probability rates $\alpha = \beta = 0.05$. If during the first irradiation the reference value is not exceeded, after 1 s irradiation with the second sequence was carried out, with the same number of pulses and pulse separation, but with the carrier frequency $f_2 = 3410.8$ kHz. If after the second irradiation the reference value still was not exceeded, it was concluded that there was no RDX in the studied volume. The conclusion that RDX was present was made if the

reference value was exceeded at least in one of the two measurements. When a series of 100 tests with packages containing RDX was carried out, in 43 cases RDX was detected at the first measurement, and in the remaining 57 cases two measurements were necessary, and the average time required for examining 1 package, was:

$$T_{\text{det.av.}} = (43 \times 5.67 \text{ s} + 57 \times (11.34 + 1 \text{ s})) / 100 = 9.47 \text{ s}$$

When using the prototype method, to ensure the same probability rate of false detection $\alpha=0.05$ and non-detection $\beta=0.05$, it was necessary to increase the number of pulses in the sequence to 170000 with the same pulse separation 630 μs , and the time of examination for one package was:

$$T_{\text{det.}} = 107.1 \text{ s}$$

i.e. the suggested method permitted shortening detection time for RDX more than ten times.

Similar tests for HMX and tetryl showed that this method permitted shortening detection time 3.6 times for HMX and 4.5 times for tetryl.

Formula of invention

The method of detection of explosives using nuclear quadrupole resonance (NQR), which includes irradiating of the examined object at NQR frequency with a multi-pulse sequence, coherent accumulation of NQR signals, processing of the accumulated signal and comparison of the obtained result with the reference value; it *differs* from the other methods by the following: to decrease the time of detection and to preserve the accuracy rate, an additional irradiation of the object with a multi-pulse sequence is undertaken. The carrier frequency of this sequence differs from the carrier frequency of the first irradiation by $1/2\tau$, where τ is the pulse separation of the radio frequency pulses in the sequence, and the conclusion about the presence of explosives is made when the obtained results exceed the reference value in one of the irradiations.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.